



*Кафедра общей и медицинской химии*

## Лекция 2

# «Произведение растворимости (Константа растворимости)»

«Строение комплексных  
(координационных)  
соединений. Устойчивость в  
растворах»

# Произведение растворимости (ПР)

# Граф структуры





**Произведение растворимости –**  
произведение концентраций ионов трудно растворимого соединения в насыщенном растворе при данной температуре

Если трудно растворимое вещество содержит два или несколько одинаковых ионов, концентрации этих ионов должны быть возведены в соответствующие степени:



$$\text{ПР}_{\text{PbI}_2} = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{I}^-]^2$$

**Чем меньше ПР, тем хуже растворимо вещество!**

Произведения растворимости некоторых веществ при 25 °С

Соединение	Произведение растворимости	Соединение	Произведение растворимости
AgCl	$1,8 \cdot 10^{-10}$	CaCO <sub>3</sub>	$5 \cdot 10^{-9}$
AgBr	$6 \cdot 10^{-13}$	CuS	$6 \cdot 10^{-36}$
AgI	$1 \cdot 10^{-16}$	Cu <sub>2</sub> S	$1 \cdot 10^{-48}$
Cu(OH) <sub>2</sub>	$2,2 \cdot 10^{-20}$	FeS	$5 \cdot 10^{-18}$
Zn(OH) <sub>2</sub>	$1 \cdot 10^{-17}$	HgS	$10^{-52}$
BaSO <sub>4</sub>	$1,1 \cdot 10^{-10}$	MnS	$2,5 \cdot 10^{-10}$
CaSO <sub>4</sub>	$1,3 \cdot 10^{-4}$	ZnS	$10^{-23}$

## Использование произведения растворимости.

1. Для сравнения растворимости веществ (s)

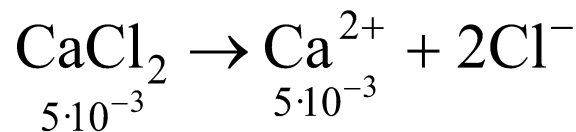
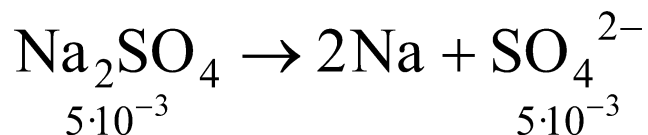
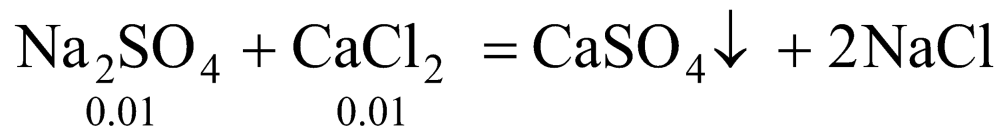
**Чем меньше ПР, тем хуже растворимо вещество!**

2. Для прогнозирования выпадения осадка:

**ПИ < ПР** - осадка не будет

**ПИ > ПР** – осадок выпадает.

Выпадет ли осадок при смешении 0.01н растворов  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{CaCl}_2$ ?



$$\text{ПИ} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{ПР} (\text{CaSO}_4) = 1,3 \cdot 10^{-4}$$

3. Для установления последовательности выпадения осадка  
( чем меньше  $K_{sp}$ , тем раньше выпадает осадок!!!)

$$K_{sp}(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$$

$$K_{sp}(\text{AgBr}) = 6 \cdot 10^{-13}$$

$$K_{sp}(\text{AgI}) = 1,6 \cdot 10^{-16}$$

4. Для подбора более эффективного осадителя:  
( чем меньше  $K_{sp}$  образующегося осадка,  
тем эффективней осадитель!!!)

К раствору  $\text{Na}_2\text{S}$  для более эффективного удаления ионов  $\text{S}^{2-}$  нужно добавить  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ?

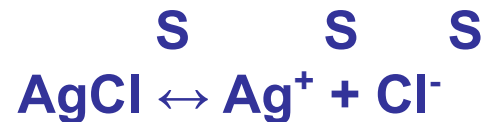
$$K_{sp}(\text{HgS}) = 1,6 \cdot 10^{-52}$$

$$K_{sp}(\text{PbS}) = 2,5 \cdot 10^{-27}$$



5. Для расчета растворимости солей.

Рассчитать растворимость хлорида серебра, если  $ПР (AgCl) = 1,8 \cdot 10^{-10}$

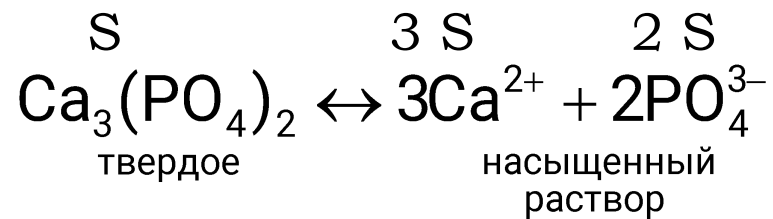


$$ПР (AgCl) = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = S \cdot S = S^2 = 1,8 \cdot 10^{-10}$$

$$S (AgCl) = 1,34 \cdot 10^{-5} \quad ( \text{ моль/л } )$$

Рассчитать растворимость фосфата кальция, если

$$\text{ПР}_{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} = 2,0 \cdot 10^{-29}$$



$$\text{ПР} = [\text{Ca}^{2+}]^3 \cdot [\text{PO}_4^{3-}]^2 = (3\text{S})^3 \cdot (2\text{S})^2 = 108\text{S}^5$$

$$\text{S} = \sqrt[5]{\frac{\text{ПР}}{108}} = \sqrt[5]{\frac{2,0 \cdot 10^{-29}}{108}} = \sqrt[5]{1,8510^{-31}}$$

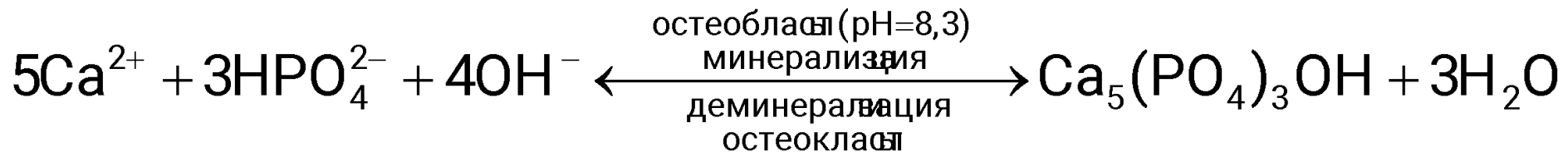
$$\text{S} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}$$

$$\text{A}_x \text{B}_y \quad \text{S} = \sqrt[x+y]{[\text{A}]^x \cdot [\text{B}]^y}$$

**NB!** При добавлении к насыщенному раствору малорастворимого электролита раствора сильного электролита, не имеющего с ним общих ионов, повышается ионная сила раствора, понижается коэффициент активности  $f$ , следовательно, произведение активностей ионов становится меньше  $PR$ , т.е. раствор становится ненасыщенным, происходит растворение осадка. Это явление называется ***солевым эффектом***.

# Значение ПР в медицине

## 1. Образование костной ткани:



$$\text{ПР}_{\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}} = 1,6 \cdot 10^{-58}$$

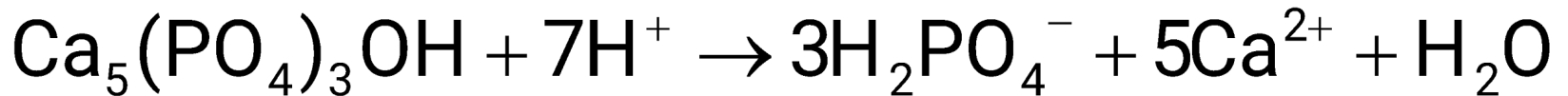
В поверхностных слоях кости образуется некоторое количество аморфного фосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  - более растворимой соли ( $\text{ПР} = 2,0 \cdot 10^{-29}$ ), которая постепенно превращается в гидроксиапатит.

Аморфный фосфат кальция является лабильным резервом ионов кальция и фосфатов в организме. С возрастом содержание аморфного фосфата кальция в костной ткани уменьшается.

При небольшом повышении содержания  $H^+$  кость начинает растворяться, отдавая вначале катионы кальция:



При большей кислотности среды происходит ее полный распад:



## **2. Защита от кариеса:**

**В полости рта в результате жизнедеятельности микробов образуются достаточно сильные кислоты: пировиноградная, молочная, янтарная, которые разрушают зубы не только вследствие повышения кислотности среды, но и в результате связывания катионов кальция в устойчивые комплексные соединения.**

**Физико-химическим фактором, защищающим зубы от разрушения, является повышенная концентрация ионов кальция в слюне.**

Замена гидроксид-аниона на фторид-анион значительно повышает твердость и устойчивость зубной эмали к растворению.

$$P_{Ca_5(PO_4)_3F} = 2 \cdot 10^{-72}$$

**Образование  
защитного  
эмалевого слоя**

**Лечение кариеса  
фторидами**



### 3. Рахиты различной этиологии:

**Бериллиевый рахит (бериллиоз)** - вытеснение ионов  $\text{Ca}^{2+}$  ионами  $\text{Be}^{2+}$  из костей и их размягчение вследствие меньшего радиуса иона  $\text{Be}^{2+}$ .

**Стронциевый рахит** - замещение ионов  $\text{Ca}^{2+}$  ионами стронция в костях. Вследствие большего радиуса иона  $\text{Sr}^{2+}$  происходит ломкость костей. Заболевание характерно для регионов с повышенным содержанием стронция в почве.

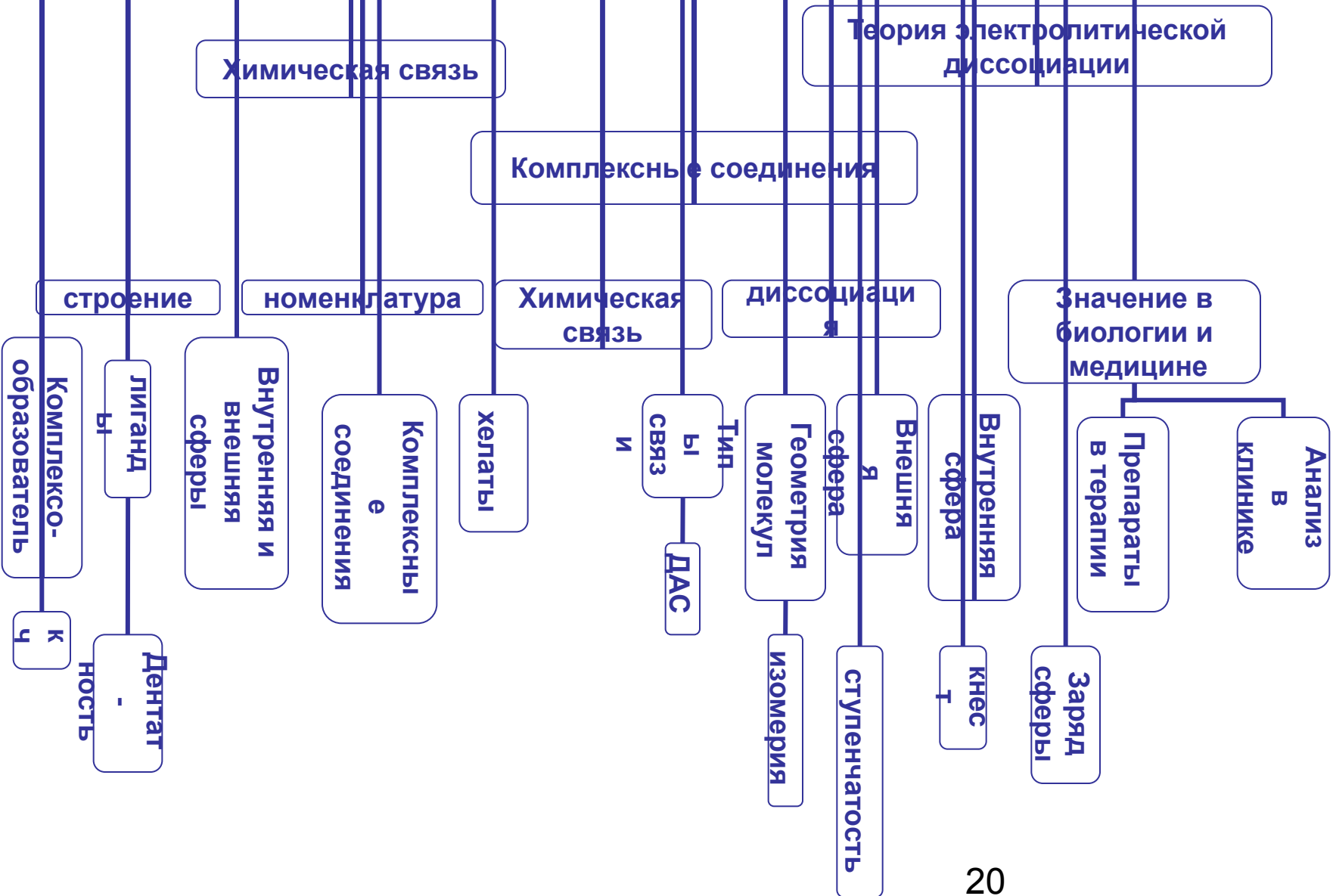
Особую опасность представляет радиоактивный изотоп стронций-90, который, оседая в костях, облучает костный мозг и нарушает костномозговое кроветворение.

#### 4. Детоксикация при отравлениях:

Отравление тяжелыми металлами (Pb, Hg, Cd) приводит к блокаде  $-SH$ -групп белковых фрагментов. Вводятся растворимые сульфиды ( $Na_2S$ ,  $K_2S$ ) для образования труднорастворимых осадков  $PbS$ ,  $HgS$ ,  $CdS$  с последующим выведением из организма.

**«Строение комплексных  
(координационных)  
соединений. Устойчивость в  
растворах»**

# Граф структуры



## **Комплексные соединения**

- устойчивые химические соединения сложного состава, в которых имеется хотя бы одна связь, образованная по донорно-акцепторному механизму.



$K^+$  –ионы внешней сферы (связь ионного типа – непрочная);

$[Fe(CN)_6]^{4-}$  – внутренняя сфера

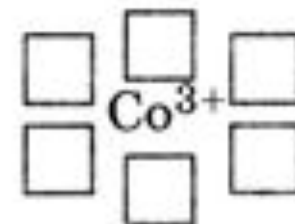
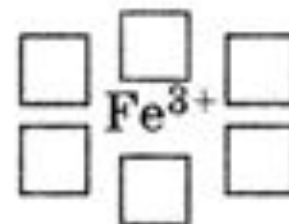
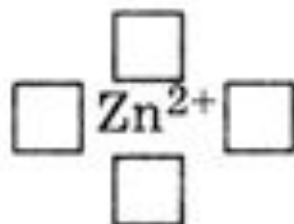
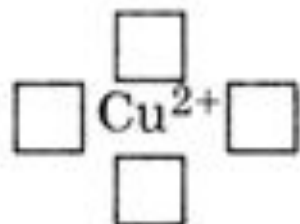
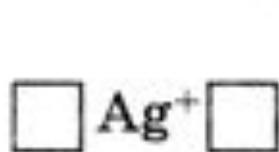
$Fe^{2+}$  – центральный ион–комплексообразователь – акцептор электронов (кислота Льюиса)

$CN^-$  – лиганды внутренней сферы - доноры электронов (основания Льюиса)

Связь с комплексообразователем реализуется по донорно-акцепторному механизму, прочная)

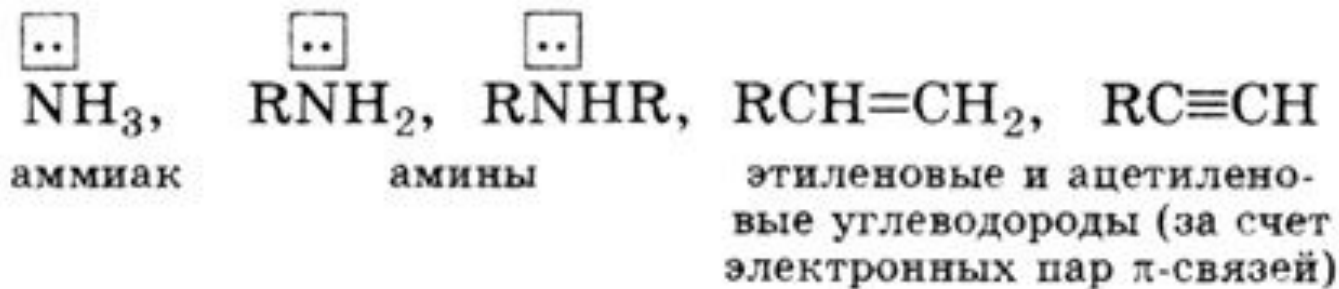
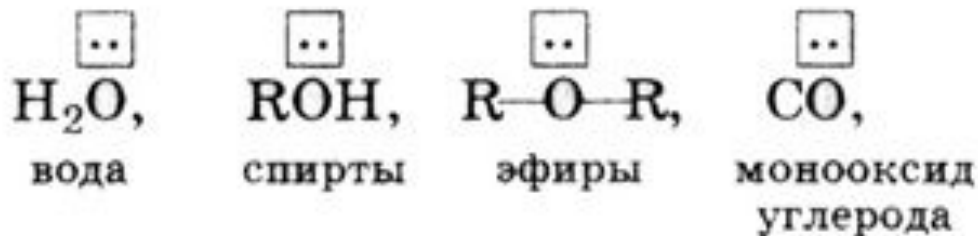
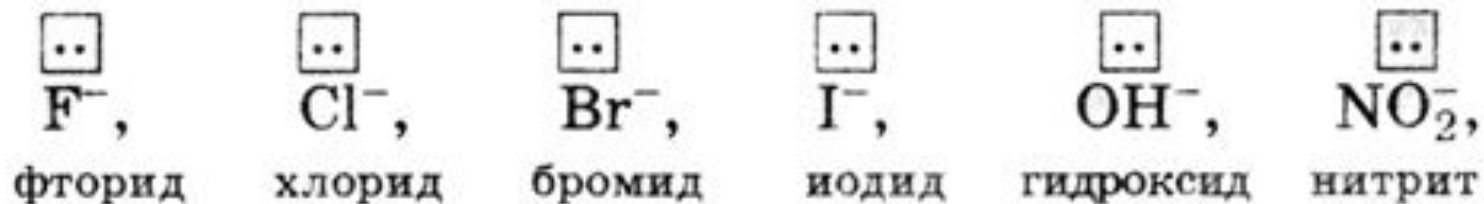
$( )_6$  – координационное число - показывает, сколько донорно-акцепторных связей может образовывать монодентатный лиганд

Ионы-комплексообразователи - кислоты Льюиса

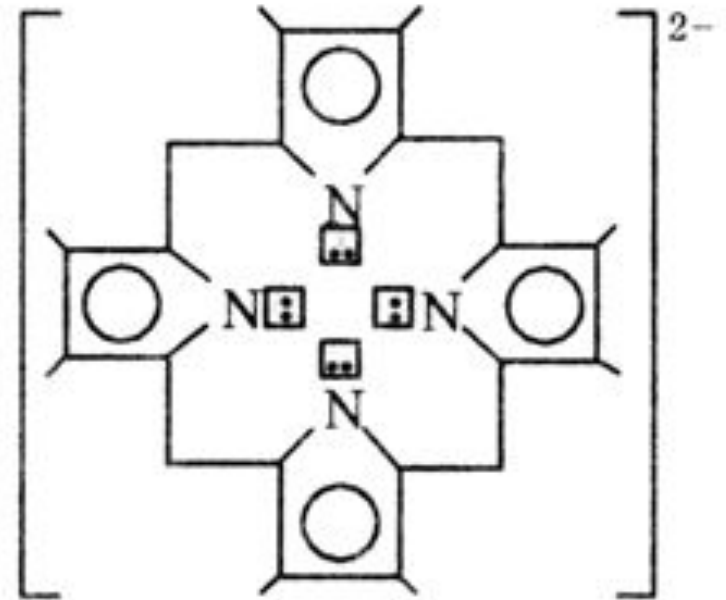


**Лиганды** – доноры электронных пар (основания Льюиса)

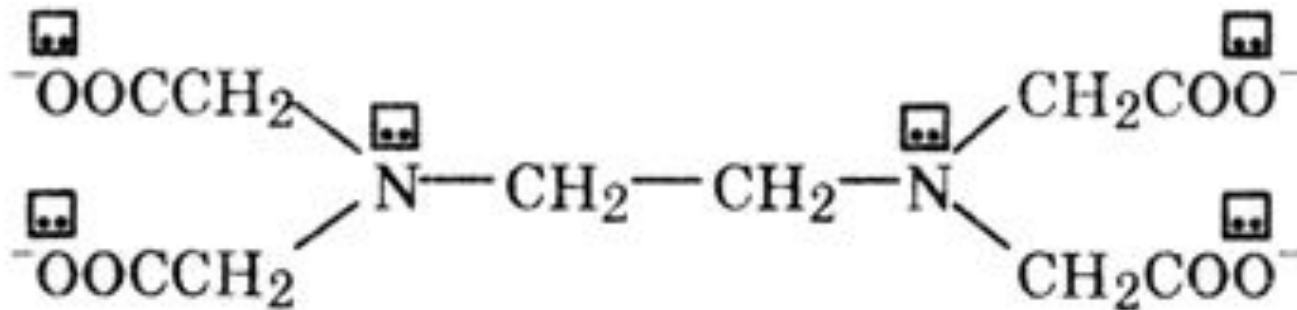
**Монодентатные** - образуют одну координационную связь



**Полидентатные – хелаты**  
(от греческого  
«клешня краба»)



**Анион порфирина-  
4-дентатный лиганд**



**Анион этилендиаминхетрауксусной  
кислоты (ЭДТА) - 6-дентатный лиганд**



**Большинство комплексных соединений,  
как и сами ионы металлов, имеют окраску**

# КЛАССИФИКАЦИЯ

## 1. По заряду внутренней сферы:

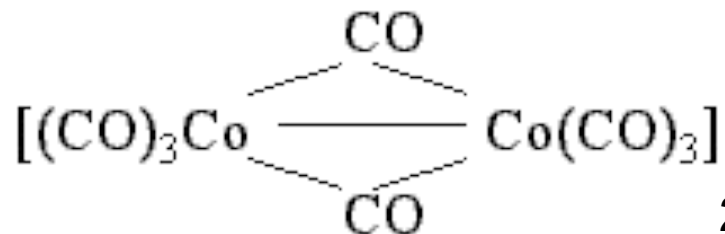
- катионного типа:  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$
- анионного типа:  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$
- нейтрального типа:  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$

## 2. По принадлежности к определенному классу соединений:

- комплексные кислоты:  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ ,  $\text{H}[\text{AuCl}_4]$
- комплексные основания:  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
- комплексные соли:  $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$

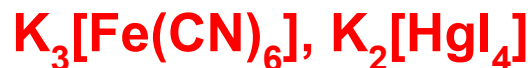
## 3. По числу атомов комплексообразователя

- моноядерные:  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,
- полиядерные (мостиковые, кластерные):



#### 4. По природе лигандов внутренней сферы:

-ацидокомплексы (анионы кислотных остатков):



-аквакомплексы:



-аммиакаты: (разлагаются при нагревании):



-гидроксокомплексы:

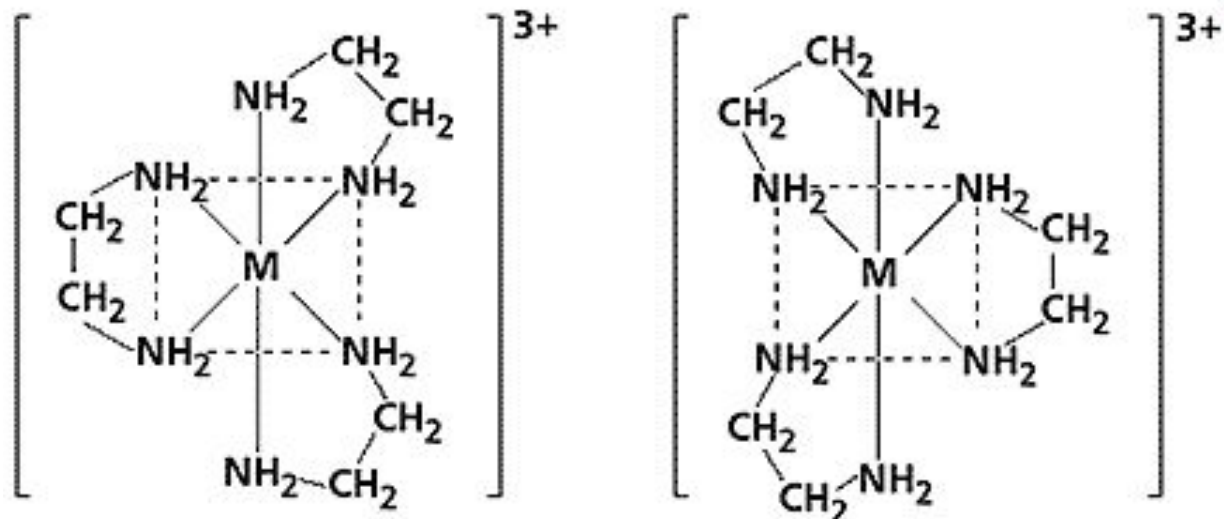


- гидридные (получают только в неводных средах):

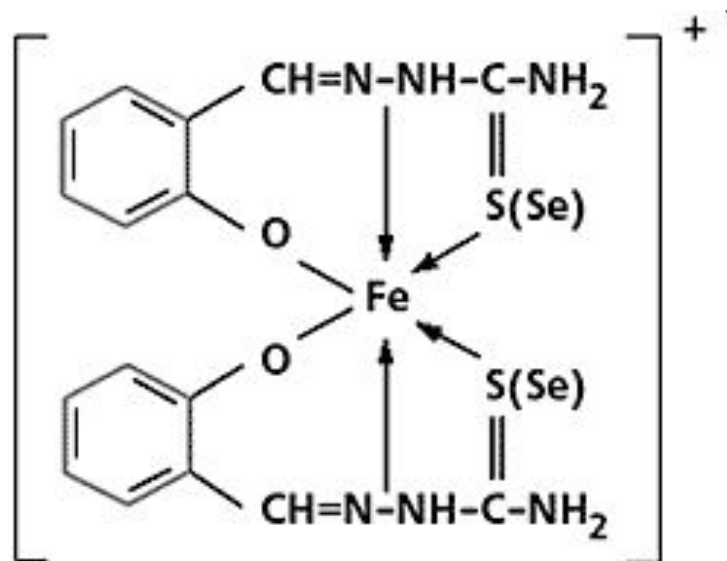


- оксалатные ( $C_2O_4^{2-}$ ), карбонатные ( $CO_3^{2-}$ ), цианидные ( $CN^-$ ), галогенидные ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ), роданидные ( $CNS^-$ ), карбонилы ( $CO$ )

**5. Хелатные соединения - в их состав входят полидентатные лиганды:**



**лиганд – 1,2-этилендиамин**



**Хелаты железа (II) с тио- или селеносемикарбазонами**

## Изомерия комплексных соединений

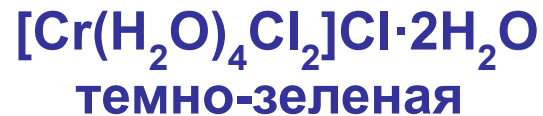
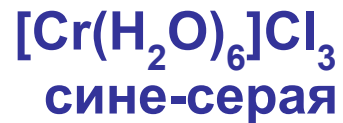
**1. Ионизационная изомерия** - различное распределение ионов между внутренней и внешней сферами комплекса:



**2. Координационная изомерия** - различное распределение комплексообразователей или лигандов между комплексными катионами и анионами:

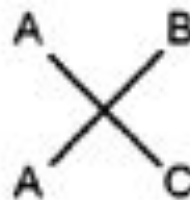


**3. Гидратная изомерия** определяется характером связей молекул воды, входящих в состав комплекса

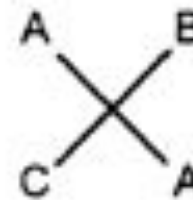


## 4. Геометрическая изомерия

В плоском квадратном комплексе с двумя одинаковыми лигандами возникает возможность существования *цис*- и *транс*-изомеров.

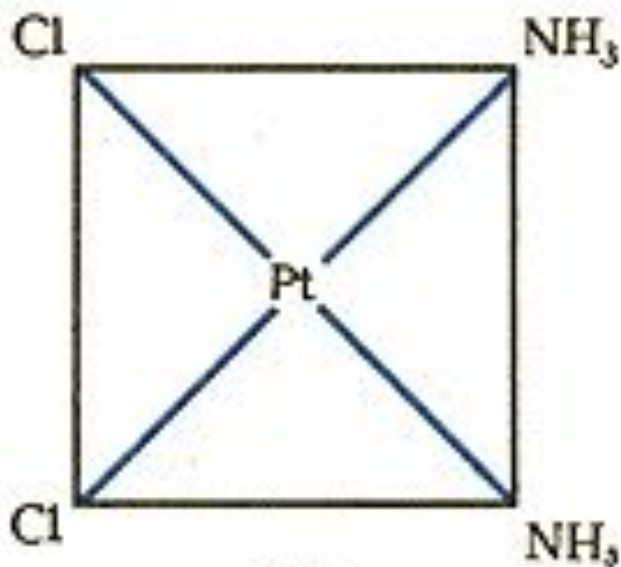


*цис*-изомер

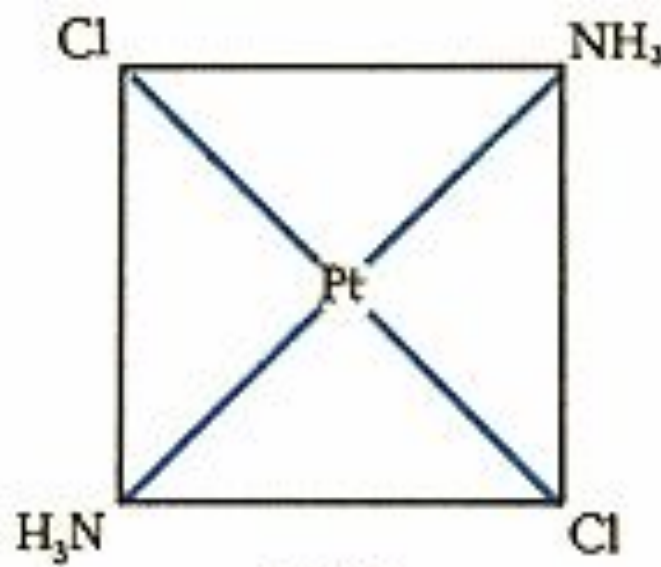


*транс*-изомер

$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  существует в виде двух геометрических изомеров.



*цис*

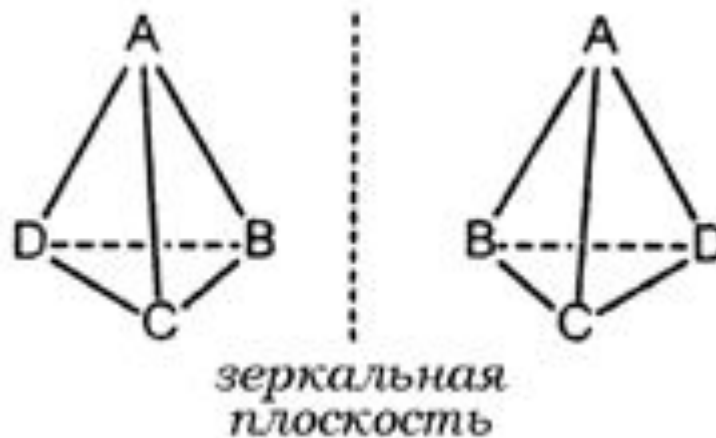


*транс*

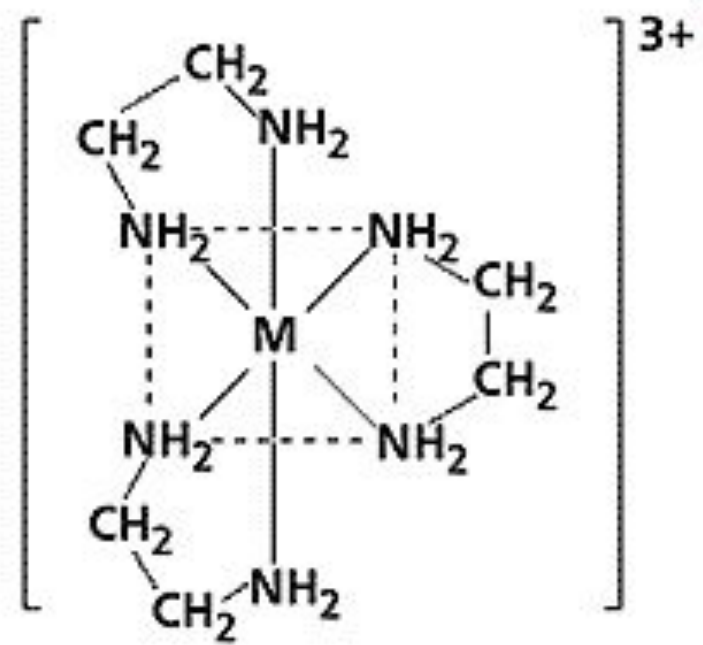
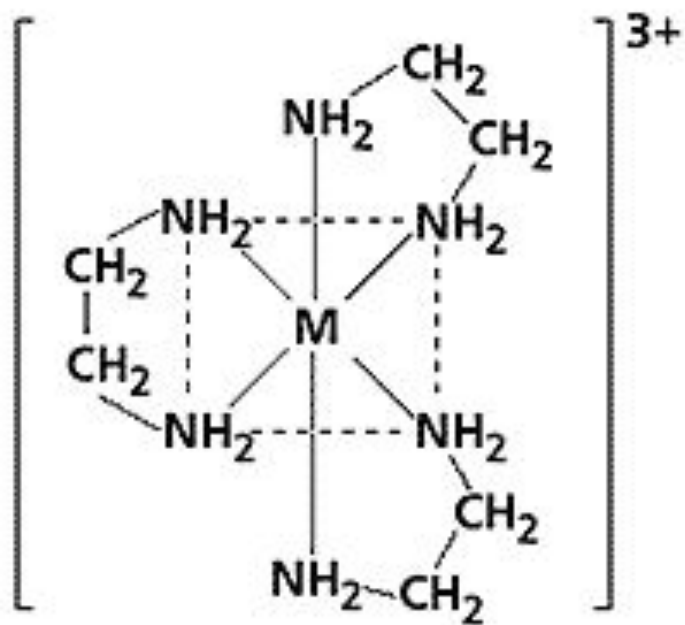


## 5. Оптическая изомерия

Изомеры с разными заместителями относятся друг к другу как предмет и его зеркальное отображение (энантиомеры - оптические антиподы)



## Оптическая изомерия



**Характерная их особенность** - способность вращать плоскость поляризации плоскополяризованного луча.

**Тетраэдрические комплексы  $MA_2B_2$**   
**оптической изомерией не обладают, поскольку имеют**  
**одинаковые заместители!**

## Номенклатура

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$  – хлорид диамминсеребра

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  – сульфат тетраамминмеди (II)

$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  – дихлориддиамминплатина (II)

$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$	хлорид гексамминплатины (IV)
$[\text{Fe}(\text{CO})_5]$	пентакарбонилжелезо (0)
$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	гексацианоферрат (II) калия
$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	гексацианоферрат (III) калия

## Получение комплексных соединений:



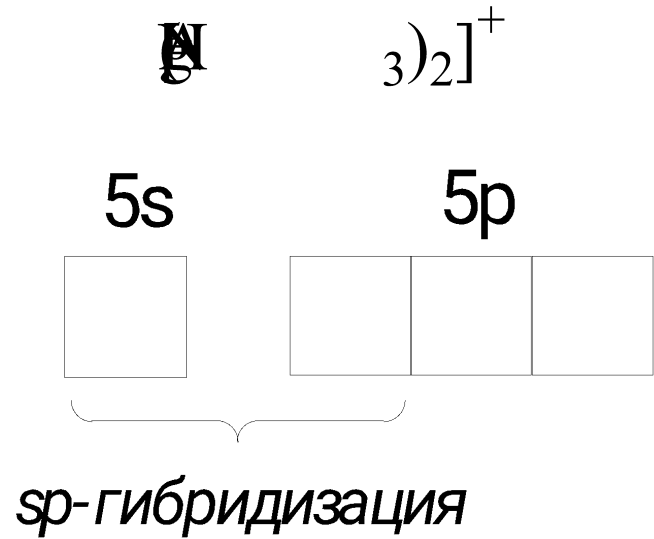
## Строение комплексных соединений:



# 1. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+\text{Cl}$

(к.ч = 2)

**sp**-гибридизация  
(прямая линия)

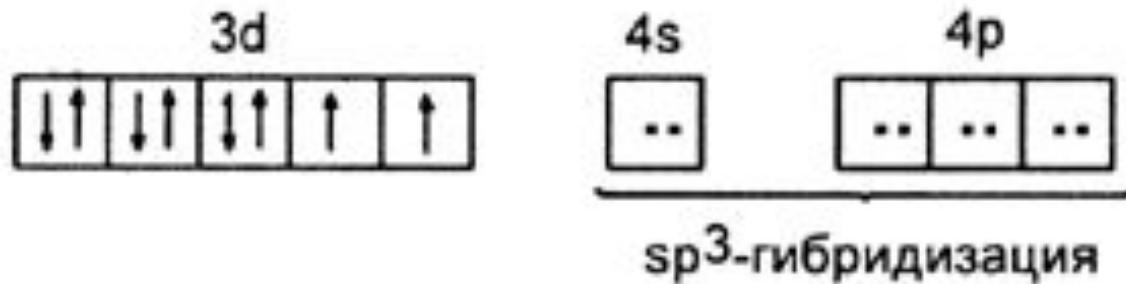
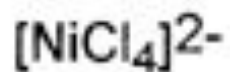




## 2. $K_2[NiCl_4]$

(к.ч. = 4)

$sp^3$  – гибридизация  
(тетраэдр)



## Кристаллическое поле (жесткость) лигандов

$\text{CO}, \text{CN}^- > \text{этилендиамин} > \text{NH}_3 > \text{SCN}^- > \text{H}_2\text{O} > \text{OH}^- > \text{F}^- > \text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$   
сильное поле                      среднее поле                      слабое поле

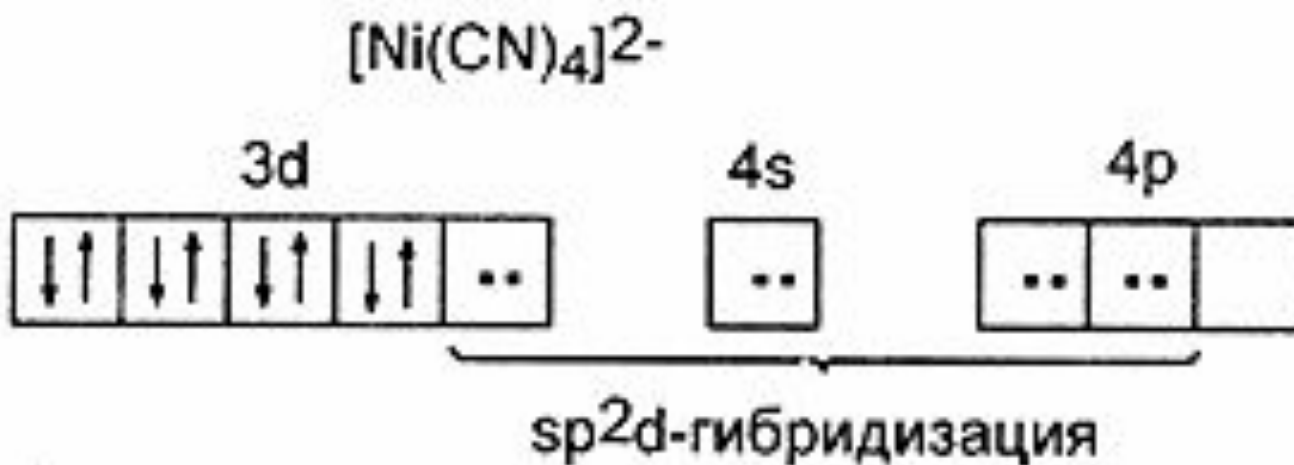
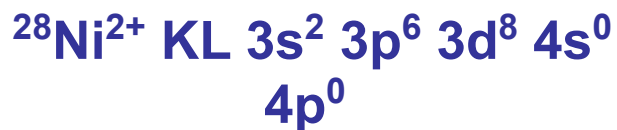
При взаимодействии с жесткими лигандами происходит спаривание d-электронов.

Образуется диамагнитный комплекс с плоским квадратным строением.

### 3. $K_2[Ni(CN)_4]$

(к.ч. = 4)

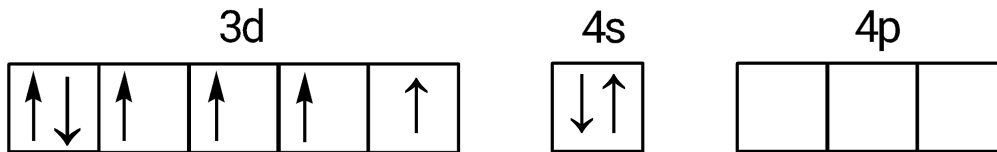
$dsp^2$  – гибридизация  
(плоский квадрат)



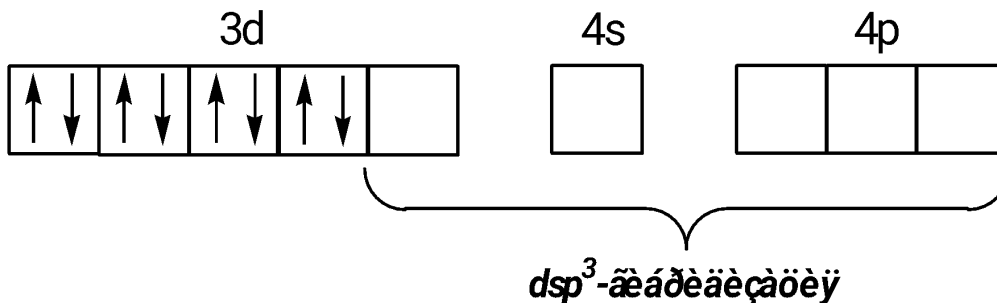
## 4. Fe(CO)<sub>5</sub>

( к.ч. = 5 )

**dsp<sup>3</sup>** – гибридизация  
( тригональная бипирамида )



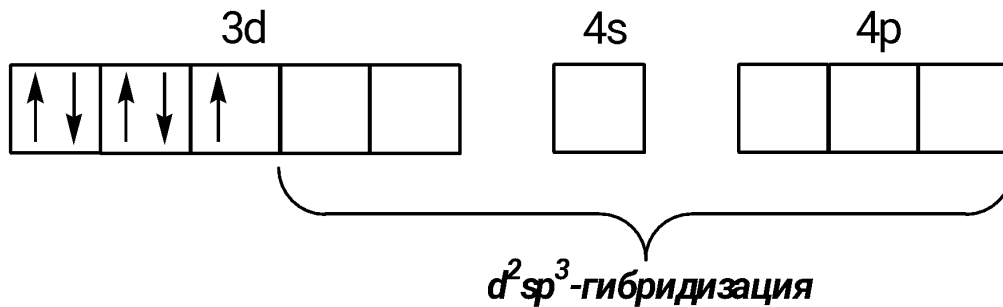
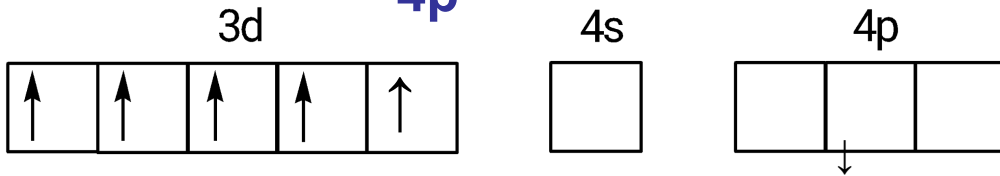
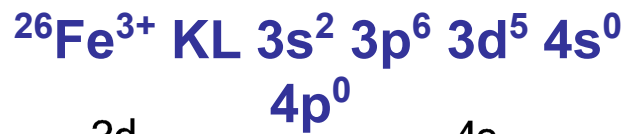
За счет действия кристаллического поля CO s-электроны переходят на d-орбиталь и происходит спаривание всех электронов



# 5. $K_3[Fe(CN)_6]$

(к.ч. = 6)

$d^2sp^3$  – гибридизация  
(октаэдр)



## Комплексные соединения в растворах

Эффективность донорно-акцепторного взаимодействия лиганда и комплексообразователя, а, следовательно, и прочность связи между ними определяется их поляризуемостью - способностью трансформировать свои электронные оболочки под внешним взаимодействием.

По этому признаку реагенты подразделяются на:

- «жесткие» ( малополяризуемые )
- «мягкие» ( легкополяризуемые )

## Жесткие и мягкие кислоты и основания ЖМКО

Кислоты (по Льюису) – акцепторы электронов



Основания (по Льюису) – доноры электронов

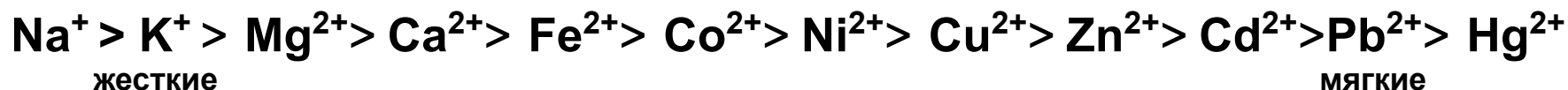


Для «жестких» частиц характерны высокий заряд при небольших размерах

Для «мягких» частиц, наоборот, характерно наличие достаточно большого радиуса и низкого заряда, что обуславливает их высокую поляризуемость

Таким образом, прочность и устойчивость к диссоциации **ковалентной** связи между комплексообразователем и лигандами зависит от их природы, и прежде всего от способности вызывать и проявлять поляризуемость.

### Металлы – комплексообразователи



### Лиганды



жесткие

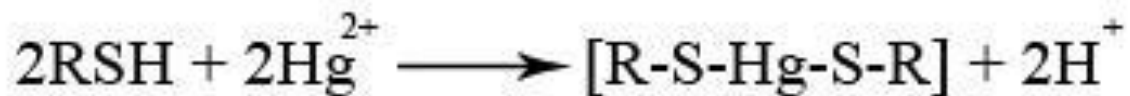
мягкие  
48



В соответствии с общим принципом «подобное в подобном» наиболее прочная и устойчивая к диссоциации ковалентная связь возникает между мягким комплексообразователем и мягкими лигандами.

С учетом того, что белки, включая ферменты, содержат мягкие легкополяризуемые группы:  $\text{—COO}^-$ ,  $\text{—NH}_2$  и  $\text{—SH}$ , становится понятным, почему все «металлы жизни», относящиеся к d-элементам, в организме встречаются практически только в виде комплексов с биосубстратами.

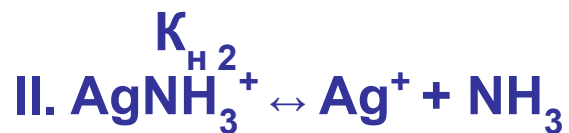
С другой стороны, ясно, почему катионы тяжелых металлов  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  сильно токсичны. Эти катионы очень «мягкие», особенно катион  $\text{Hg}^{2+}$ , и поэтому активно образуют прочные комплексы с жизненно важными белоксодержащими субстратами, нарушая их метаболизм. Особенно легко в реакцию комплексообразования вступают белки, содержащие группу  $\text{—SH}$



Склонностью к комплексообразованию объясняется также токсичность цианидов, так как анион  $\text{CN}^-$  (очень мягкий лиганд) активно взаимодействует с катионами d-металлов в комплексах, замещая в них биосубстраты и тем самым инактивируя эти биокомплексы

Катионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  вследствие своей жесткости практически не образуют устойчивых комплексов с биосубстратами и в физиологических средах находятся, в основном, в виде гидратированных ионов. Катионы  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Ca}^{2+}$  способны образовывать достаточно устойчивые комплексы с белками, и поэтому в физиологических средах они встречаются как в ионизованном, так и в связанном состоянии (в виде комплексов с белками, а также нерастворимых солей – фосфатов оксалатов и уратов).

## Константа нестойкости и константа устойчивости



$$\hat{E}_\delta = \hat{E}_{i1} = \frac{[\text{NH}_3][\text{AgNH}_3^+]}{[\text{Ag(NH}_3)_2^+]}$$

$$\hat{E}_{i2} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]}{[\text{AgNH}_3^+]}$$

$$K_H = \frac{[\text{Ag}^+][\text{NH}_3]^2}{[\text{Ag(NH}_3)_2^+]}$$

$$K_H = K_{H1} \cdot K_{H2}$$

Чем меньше  $K_H$ , тем комплекс прочнее.

$$K_y = 1/K_H$$

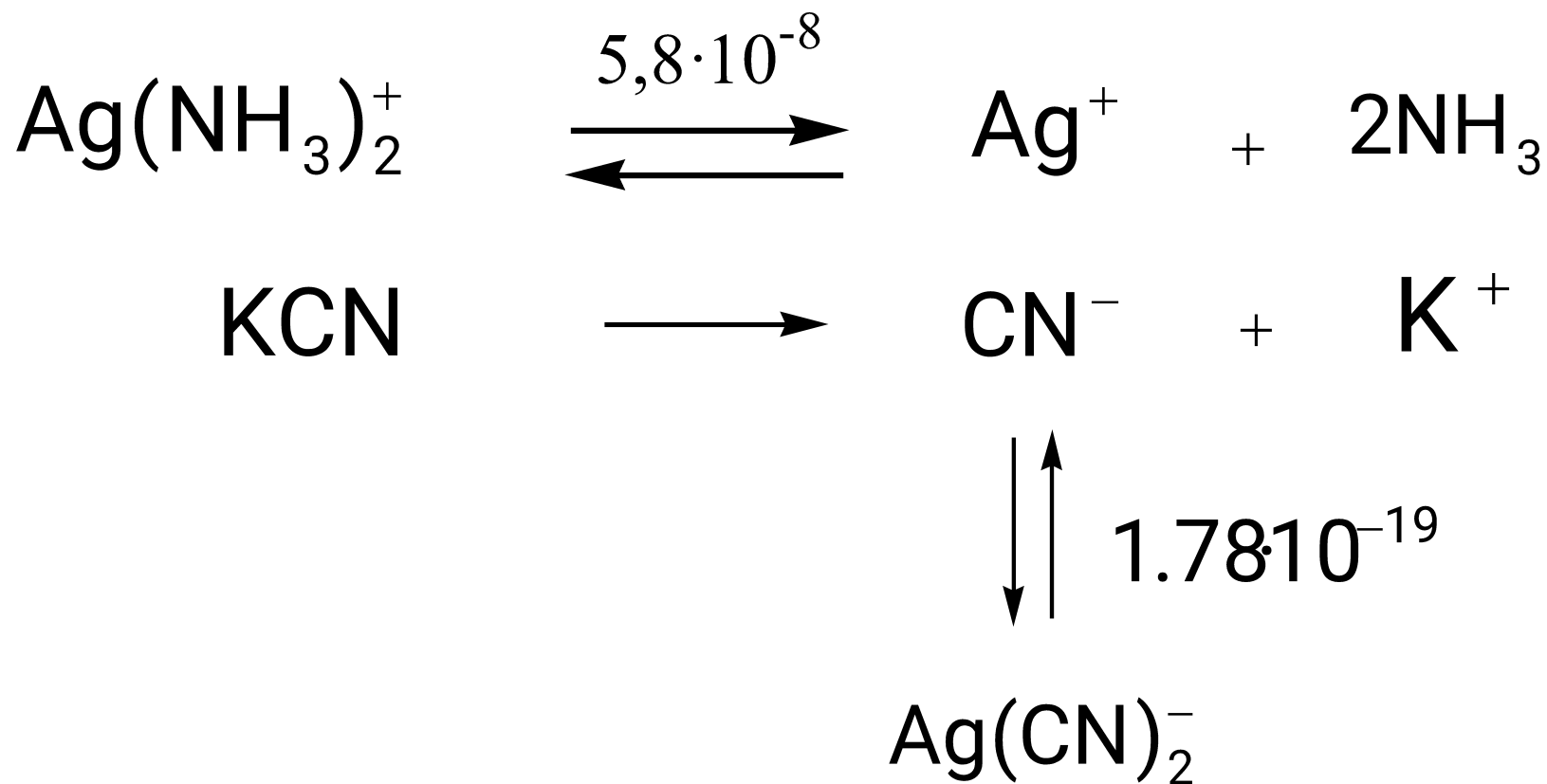
Чем больше  $K_y$ , тем комплекс прочнее.

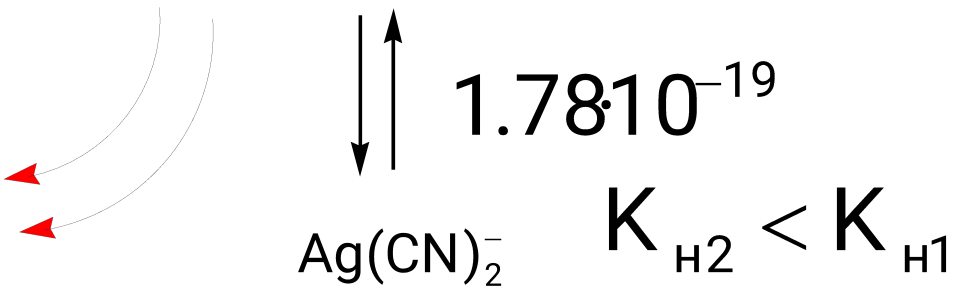
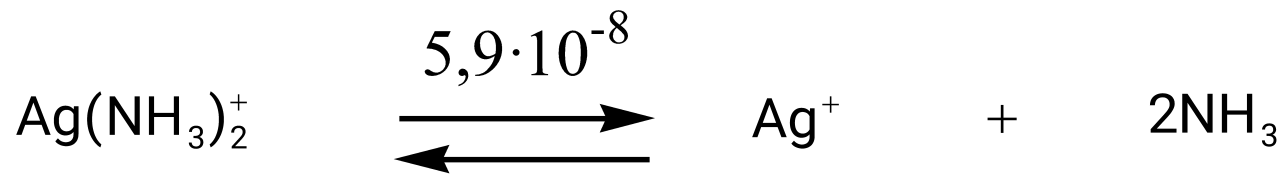
Комплексный ион	$K_{уст.}$	$K_{нест.}$
$Ag(CN)_2^-$	$5,6 \cdot 10^{18}$	$1,78 \cdot 10^{-19}$
$Ag(NH_3)_2^+$	$1,7 \cdot 10^7$	$5,9 \cdot 10^{-8}$
$Ag(S_2O_3)_2^{3-}$	$2,9 \cdot 10^{13}$	$3,45 \cdot 10^{-14}$
$Cd(NH_3)_4^{2+}$	$1,0 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
$Cu(CN)_2^-$	$1,0 \cdot 10^{16}$	$1,0 \cdot 10^{-16}$
$Cu(NH_3)_4^{2+}$	$4,8 \cdot 10^{12}$	$2,08 \cdot 10^{-13}$
$Fe(CN)_6^{4-}$	$1,0 \cdot 10^{35}$	$1,0 \cdot 10^{-35}$
$Fe(CN)_6^{3-}$	$9,1 \cdot 10^{41}$	$1,1 \cdot 10^{-42}$
$Ni(CN)_4^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{31}$	$1,0 \cdot 10^{-31}$
$Ni(NH_3)_6^{2+}$	$5,6 \cdot 10^8$	$1,8 \cdot 10^{-9}$
$Zn(NH_3)_4^{2+}$	$2,9 \cdot 10^9$	$3,45 \cdot 10^{-10}$
$Zn(OH)_4^{2-}$	$2,8 \cdot 10^{15}$	$3,57 \cdot 10^{-16}$

**Смещение равновесия  
в растворах комплексных  
соединений**

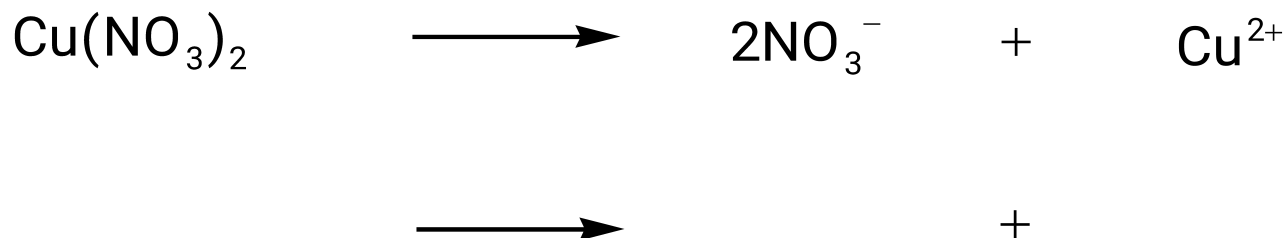
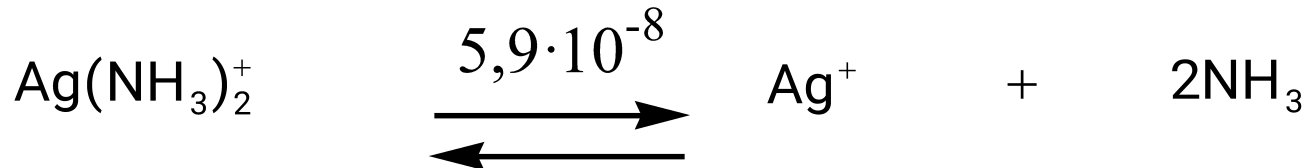
## Разрушение комплексов

1. Разрушение по металлу – введение лигандов, образующих с металлом более прочный комплекс

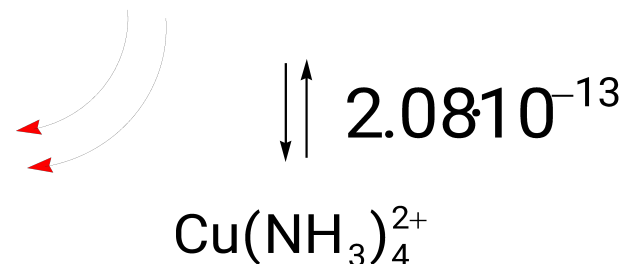




## 2. Разрушение по лиганду – введение металла, образующего с лигандом более прочный комплекс

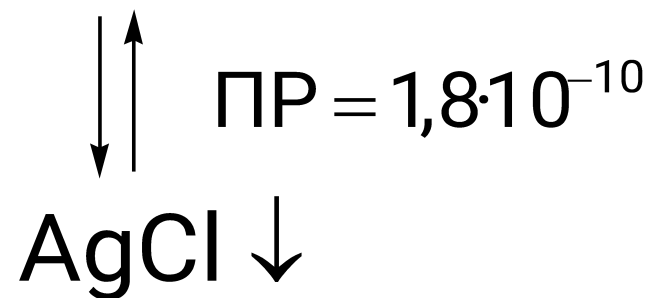
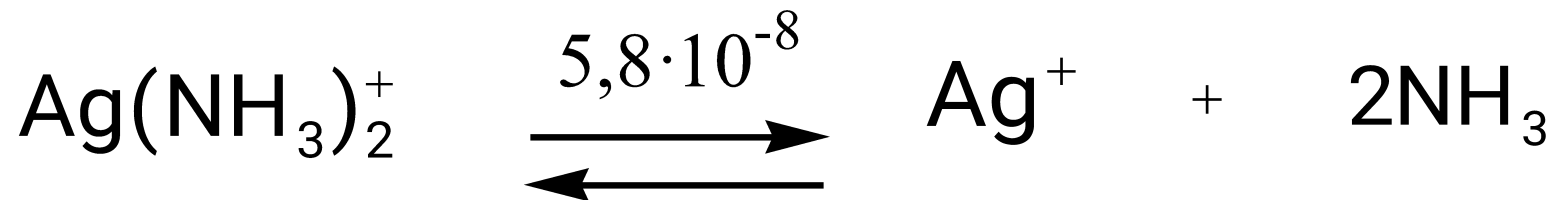


$$K_{\text{H}2} < K_{\text{H}1}$$



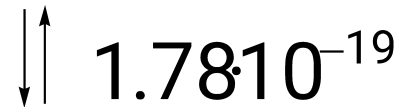
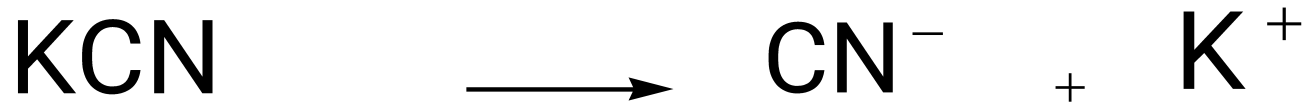
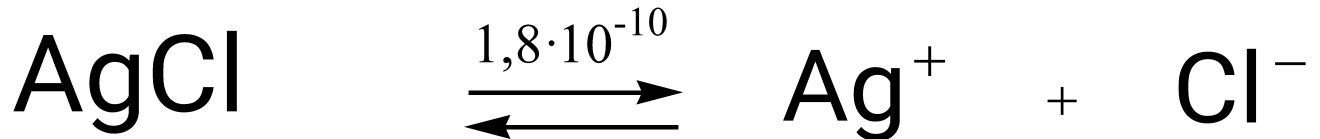


## Условия выпадения осадка



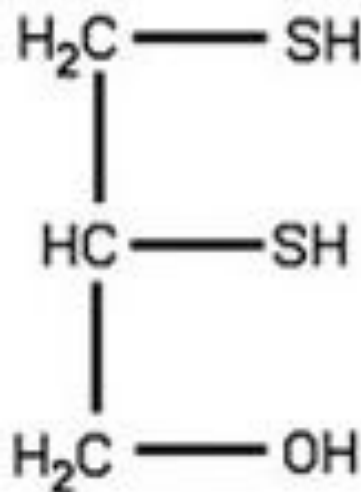
$$\text{ПР} < K_{\text{H}}$$

## Условия растворения осадка

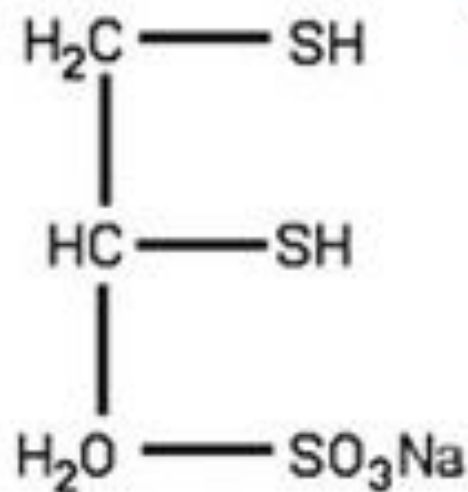


## Хелатотерапия

- выведение тяжелых металлов из организма под действием хелатирующих реагентов



Британский  
антилюизит (БАЛ)



Унитиол

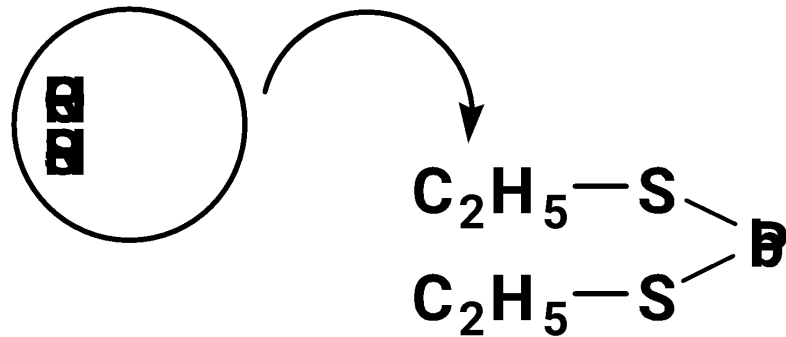
Препараты эффективно выводят из организма As, Hg, Cr, Bi

## Два основных принципа хелатотерапии

1. Детоксикант (лиганд) должен эффективно связывать ионы-токсиканты то есть...!!!!!! - **вновь образующиеся соединения должны быть прочнее, чем те, которые существовали в организме**
2. Детоксиант не должен разрушать жизненно необходимые соединения то есть.....!!!!!! – **соединения, которые могут образовываться при взаимодействии детоксиканта и ионов биометаллов должны быть менее прочными, чем существующие в организме**

## Медико-биологическое значение комплексов:

1. Ионы d-металлов образуют комплексы с белками, ферментами, аминокислотами;
2. Комплексы с серосодержащими спиртами используются при отравлениях тяжелыми металлами (Pb, Cd, Sn, Hg);



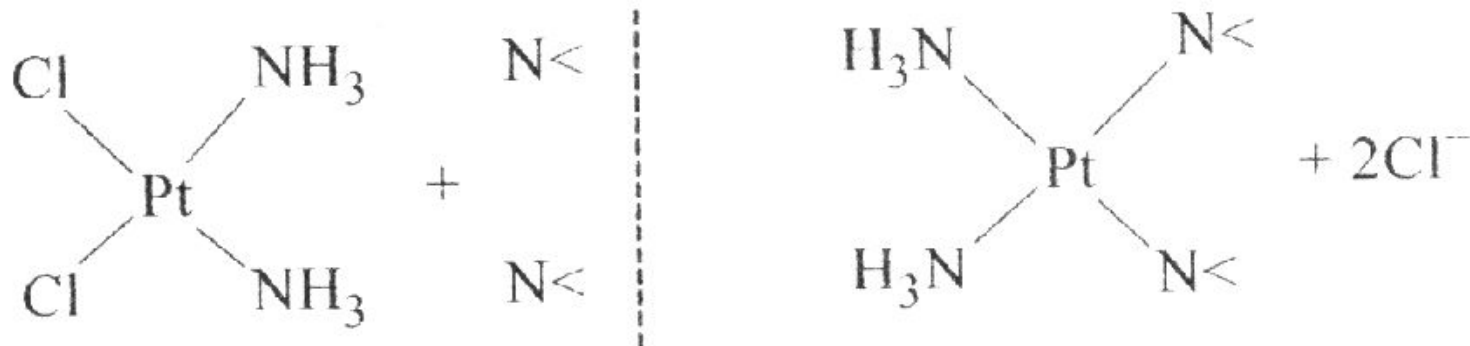
3. Трилон «Б» (ЭДТА) используется при мочекаменной болезни для разрушения камней и выведения осадков;
4.  $Cu^{2+}$ -содержащий комплекс - супероксиддисмутаза (СОД) препятствует накоплению в организме свободных радикалов.

## 5. Трилонометрия применяется для определения:

- содержания ионов кальция, цинка, магния, железа в фармпрепаратах,
- общего кальция в сыворотке крови, костях и хрящах
- жесткости воды, обусловленной наличием ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в виде гидрокарбонатов  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

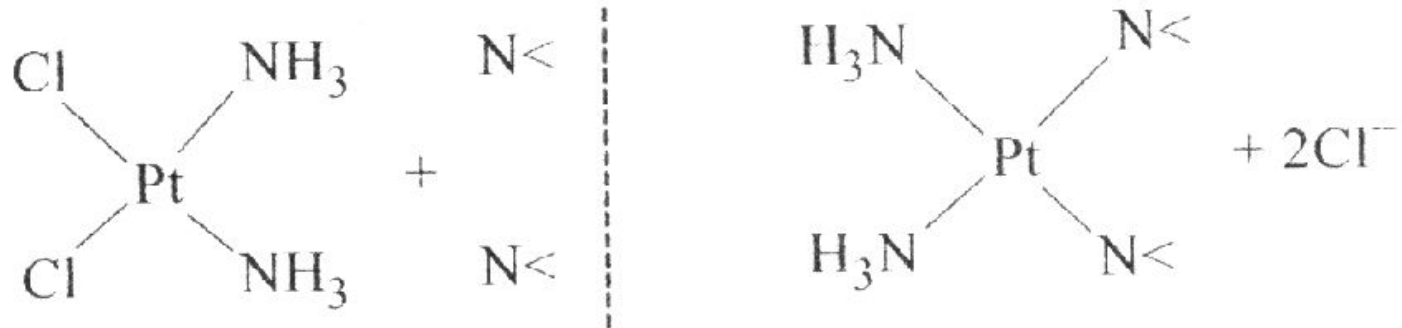
**6. Цис-изомер дихлордиамминплатины (II) обладает противоопухолевой активностью и применяется в качестве лекарственного средства при онкологических заболеваниях.**

Цис-изомер вступает в организме в конкуренцию с фрагментами, образованными донорными атомами пуриновых и пиридиновых оснований, входящих в состав ДНК и блокирует участки, принимающие участие в процессе передачи генетической информации.

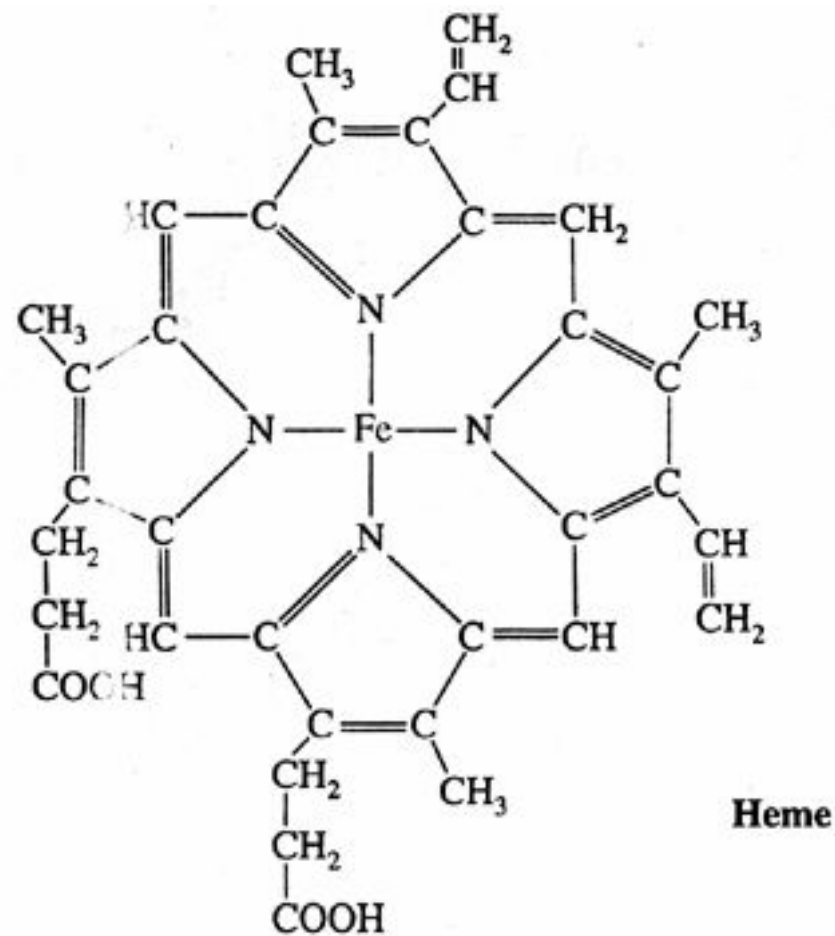




Блокировка происходит благодаря соответствию расстояния между атомами азота в цепи ДНК и препарате.



## 7. Комплекс порфирина с $\text{Fe}^{2+}$ - основа гемоглобина и цитохрома.

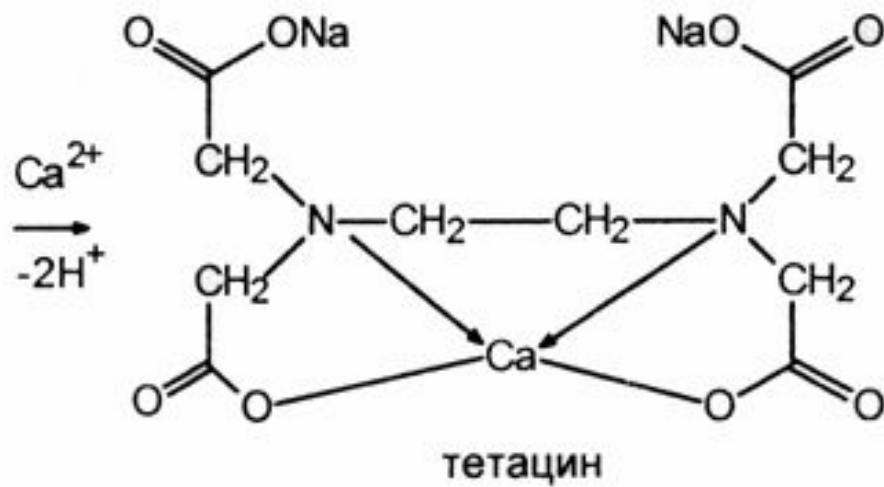
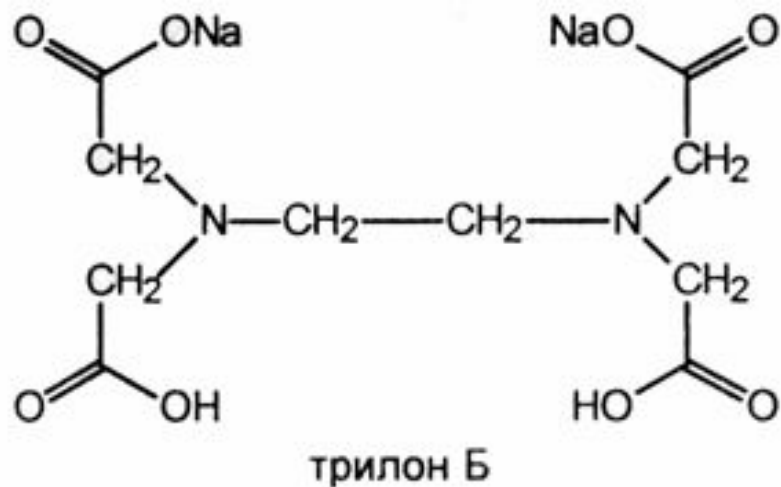


**Среднее содержание гемоглобина в эритроцитах крови –  
15 г / 100 мл.**

**1 г гемоглобина связывает  
1.33 мл кислорода**

## 8. ЭДТА и его производные используются при почечно-каменной болезни и при отравлениях тяжелыми металлами.

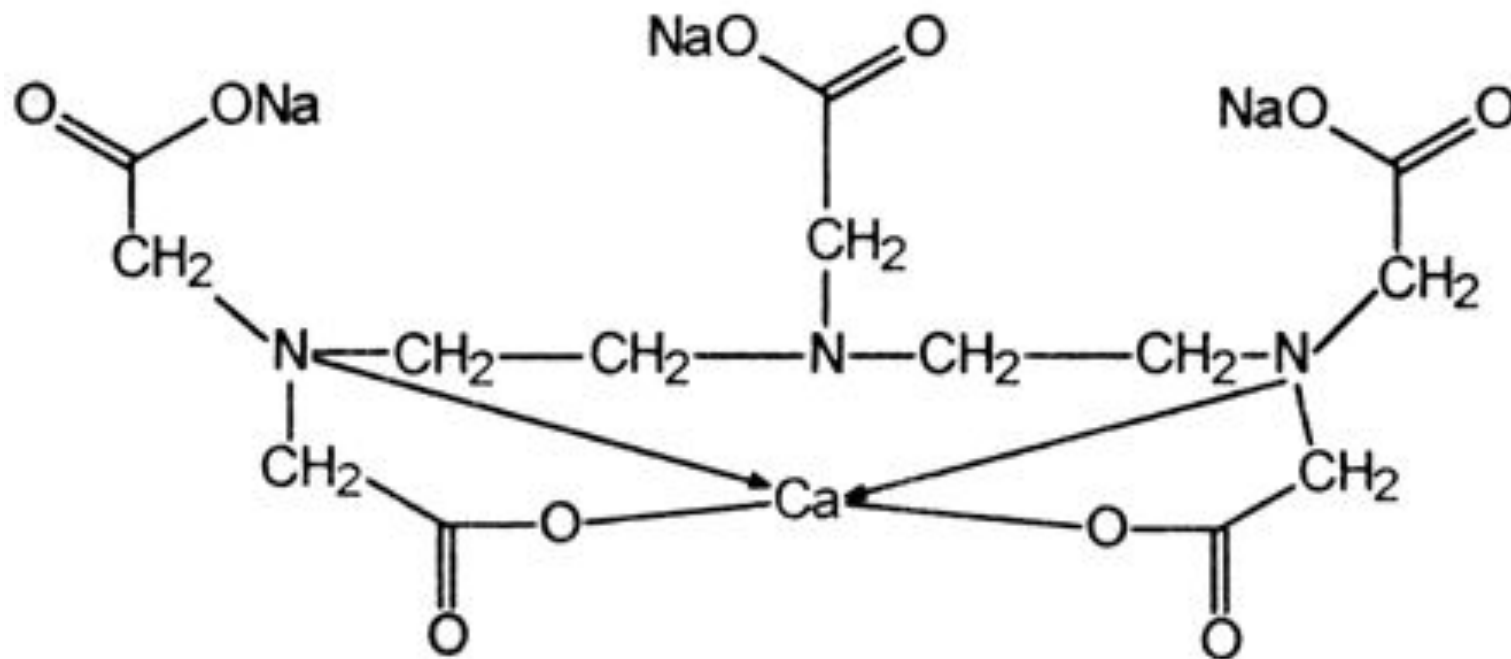
При больших дозах ЭДТА связывает значительное количество ионов кальция, обедняя организм этим элементом, что вызывает расстройство многих функций.



9. Для детоксикации организма при отравлении металлами-токсикантами (свинца, ртути, кадмия, урана) используют препарат тетацин-кальций ( $\text{Na}_2\text{CaTr}$ ), имеющий низкое сродство к ионам кальция.

При долгом приеме тетацин-кальция рекомендуется принимать препараты железа и витамина  $\text{B}_{12}$ , чтобы уменьшить побочное действие препарата, связанное с образованием им комплексов с катионами железа или кобальта, входящих в состав важных биокомплексов,

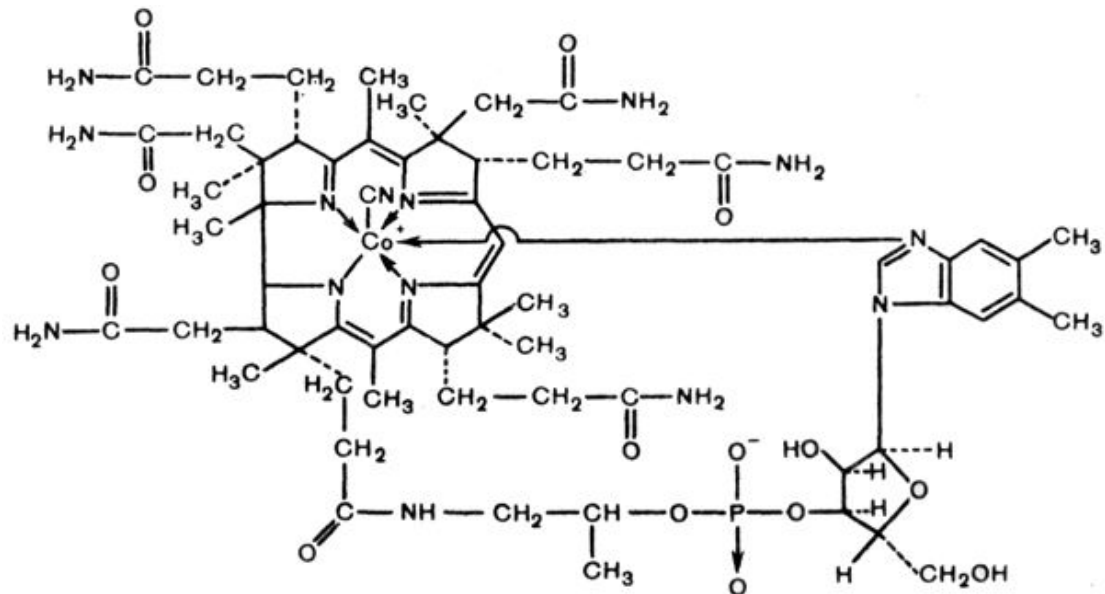
10. Пентацин - производное диэтилентриамин пентауксусной кислоты -  $\text{CaNa}_3\text{ДТПА}$  применяют при отравлениях радиоактивными элементами.



пентацин

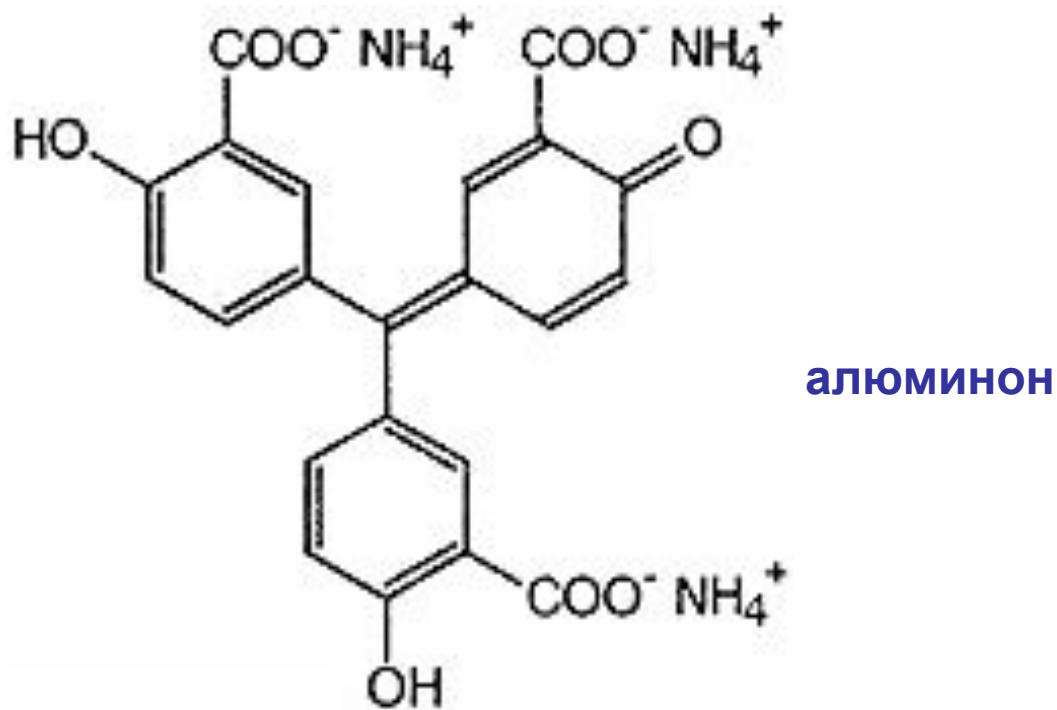
## 11. Кобальт входит в состав витамина В<sub>12</sub> (цианокобаламин)

Цианокобаламин является фактором роста, необходим для нормального кроветворения и созревания эритроцитов; участвует в образовании холина, метионина, креатина, нуклеиновых кислот; способствует накоплению в эритроцитах соединений, содержащих сульфгидрильные группы. Оказывает благоприятное влияние на функцию печени и нервной системы. активизирует свертывающую систему крови.



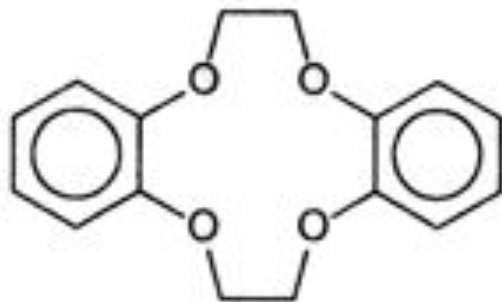
12. Для связывания токсичного катиона бериллия применяется алюминон, получивший такое название из-за способности координироваться с катионом алюминия.

Его эффективность по отношению к бериллию - проявление диагонального сходства пары бериллий-алюминий.

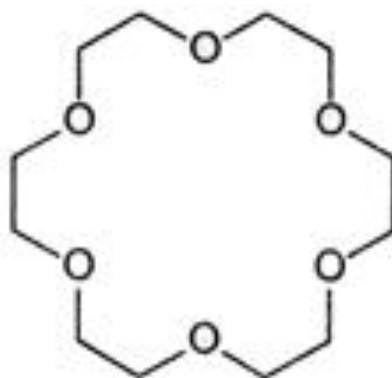




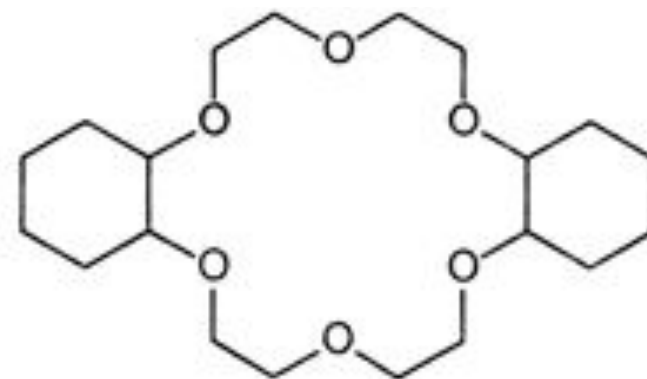
**13. Ионофоры (краун-эфиры)–  
комплексоны с S-элементами  
содержат от 3 до 12 атомов кислорода  
и образуют стабильные комплексы с  
рядом катионов, обычно в  
соотношении 1:1.**



**дибензо-12-краун-4**

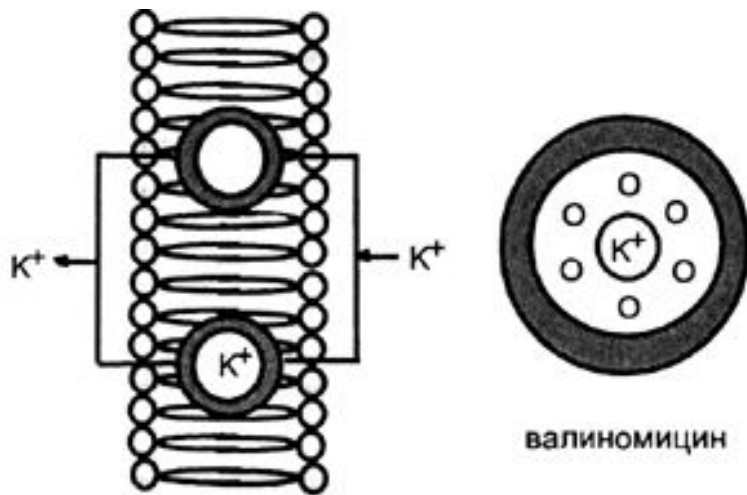


**18-краун-6**

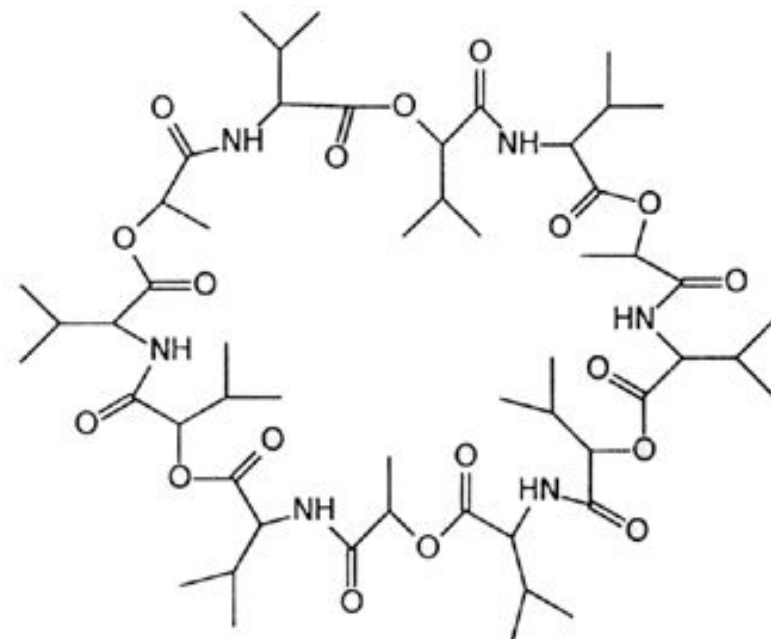


**Дициклогексил-18-краун-6**

Ионофоры, перенося катионы калия через мембрану, как это показано на примере валиномицина, уменьшают мембранный потенциал и тем самым осуществляют разобщение жизненно необходимых процессов клеточного дыхания. В результате валиномицин обладает свойствами антибиотика.



Транспорт катиона калия через биомембрану с участием валиномицина.



Валиномицин.

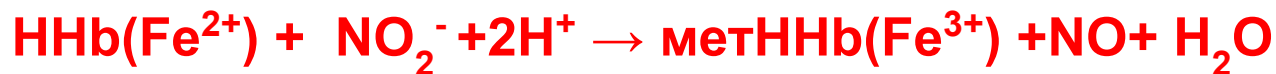
## 14. Роль NO в организме:

### а) Негативное влияние:

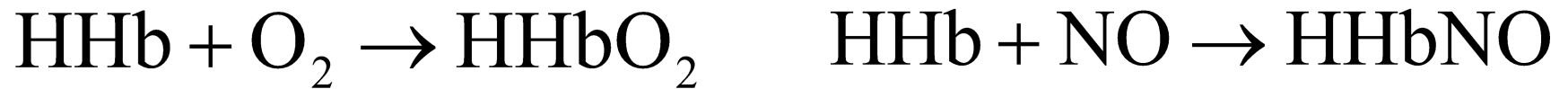
Появление NO в организме связано с токсическим действием нитратов, которые при попадании в организм легко восстанавливаются в нитриты:



Нитриты переводят гемоглобин в метгемоглобин (радикальный механизм), с образованием NO:



**NO является лигандом, который, подобно кислороду, образует комплекс с гемоглобином, устойчивость которого в 60 раз больше, чем оксигемоглобина. Возникает острое кислородное голодание тканей из-за перехода гемоглобина в нитрозогемоглобин:**



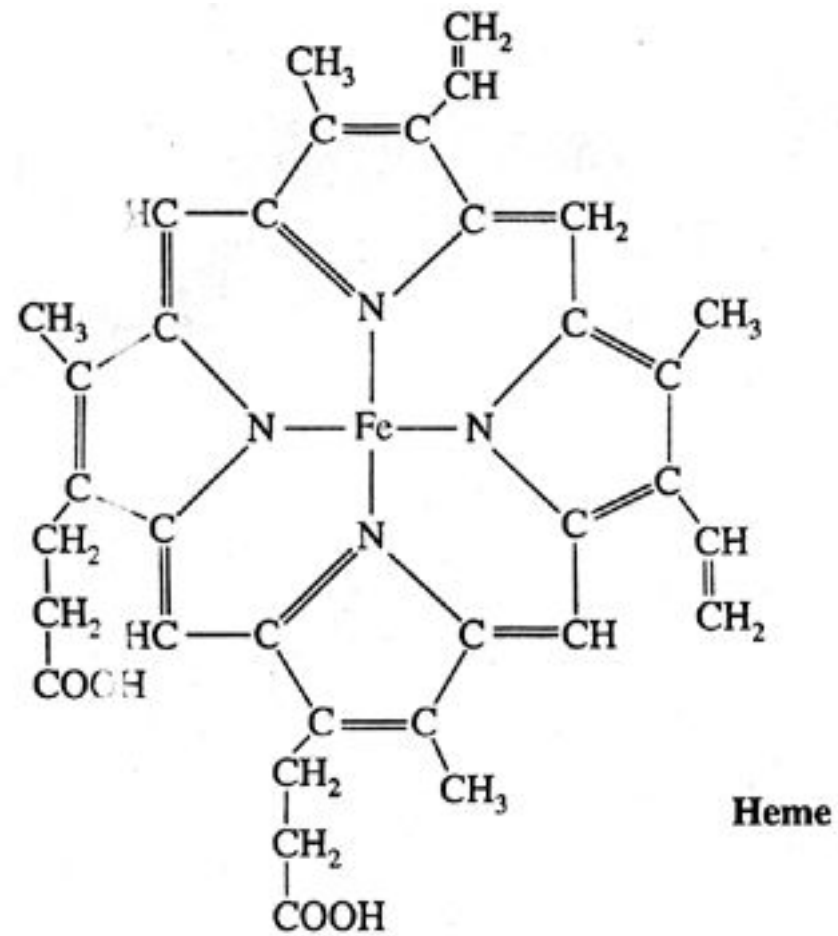
**Диагностический признак токсического действия нитрат-нитритов – изменение уровня метгемоглобина в крови, норма которого определена для человека на уровне до 2 %.**

## **б) Физиологическое значение:**

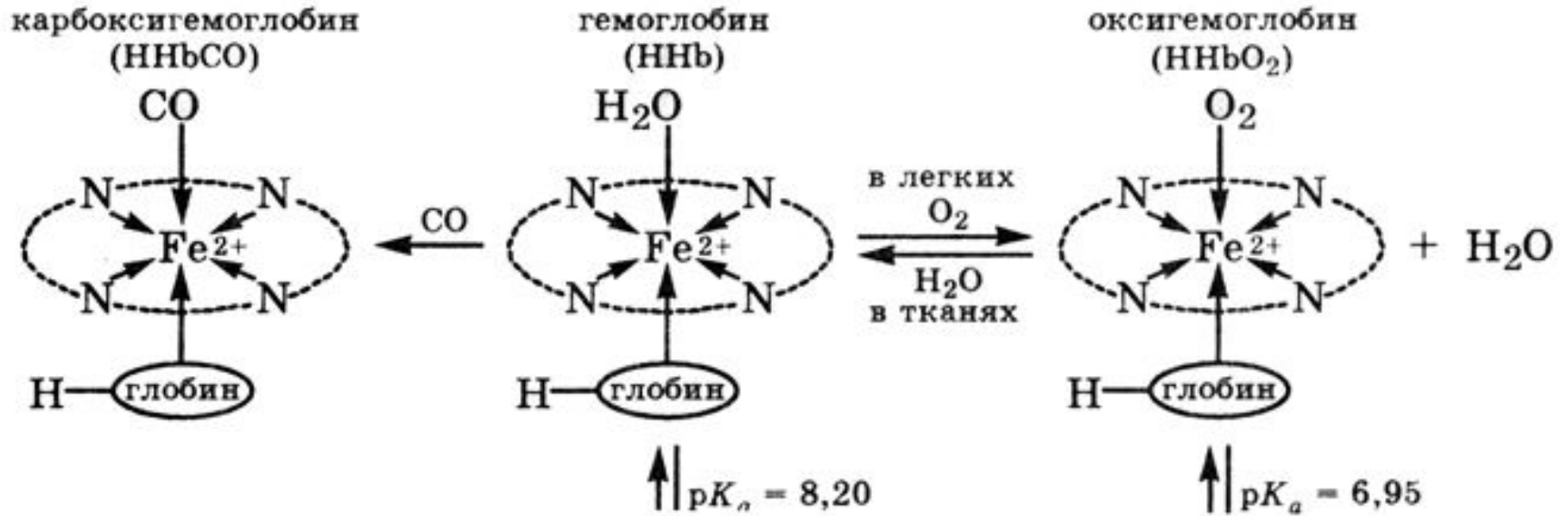
Вместе с тем, NO обязательно синтезируется в организме человека из аргинина. Время жизни NO в клетках организма составляет порядка 1 секунды, но, благодаря высокой химической активности, это соединение обеспечивает расслабление гладких мышц сосудов, регуляцию работы сердца, эффективную работу иммунной системы, передачу нервных импульсов, сексуальное возбуждение и играет важную роль в обучении и запоминании.

**За открытие синтеза NO в организме и исследование его физиологической роли Р.Фурчготт, Л.Игнарро и Ф.Мурад были удостоены Нобелевской премии в 1998 году.**

## 15. Отравление угарным газом - CO



## Механизм отравления



Длина связи (Å)  
 1 Å = 10<sup>-8</sup> см = 10<sup>-10</sup> м

	CO	NO	O <sub>2</sub>
Длина связи (Å)	1.13	1.15	1.21

Равновесие смещено в сторону образования карбоксигемоглобина, устойчивость которого в 210 раз больше, чем оксигемоглобина, что приводит к накоплению карбоксигемоглобина в крови..



# Причины отравления

## 1. Курение

## 2. Вдыхание выхлопных газов автомобиля.

**3. Преждевременное  
закрытие вытяжной заслонки  
протопленной печи.**

## Последствия отравления

**Легкое отравление** - содержание метгемоглобина 30% :  
наблюдается головная боль, слабость, тошнота.

**Отравление средней степени** - содержание метгемоглобина 40-50% :  
нарушается координация движений, происходит посинение кожи лица (иногда с четкими красными пятнами) и помутнение сознания.

**Тяжелое отравление** - содержание метгемоглобина до 60%:  
происходит потеря сознания, судороги.

**Содержание метгемоглобина – 70% и выше:  
смерть наступает от остановки дыхания.**

### Смертельные концентрации CO

- 2 мг/л при 60-минутной экспозиции
- 5 мг/л при 5 - минутной экспозиции

## Помощь при отравлениях

**Пострадавшим необходимо тепло, сердечные средства и вдыхание чистого кислорода, так как содержание кислорода в воздухе недостаточно для быстрого вытеснения СО из карбоксигемоглобина.**



**Спасибо за внимание!**